CORA Cork Open Research Archive
Cartlann Taighde Oscailte Chorcaí

Title	Nanohaiku and nanohaiga: nanotechnologies meet art
Authors	Georgiev, Yordan M.;Panova, Nedyalka;Gangnaik, Anushka S.;Ghoshal, Tandra;Nikolova, Antoaneta;Holmes, Justin D.
Publication date	2017-11-01
Original Citation	Georgiev, Y. M., Panova, N., Gangnaik, A., Ghoshal, T., Nikolova, A., Holmes, J. D. (2017) 'Nanohaiku and nanohaiga: nanotechnologies meet art', in Хайку свят [Haiku World], Bulgaria: изток-запад [East-West]. http://iztok-zapad.eu/books
Type of publication	Book chapter
Link to publisher's version	http://www.mcag.ie/nano-art/, http://iztok-zapad.eu/books/west
Rights	© 2017 the authors.
Download date	2026-10-07 09:12:27
Item downloaded from	https://hdl.handle.net/10468/5464

UCC
University College Cork, Ireland
Coláiste na hOllscoile Corcaigh

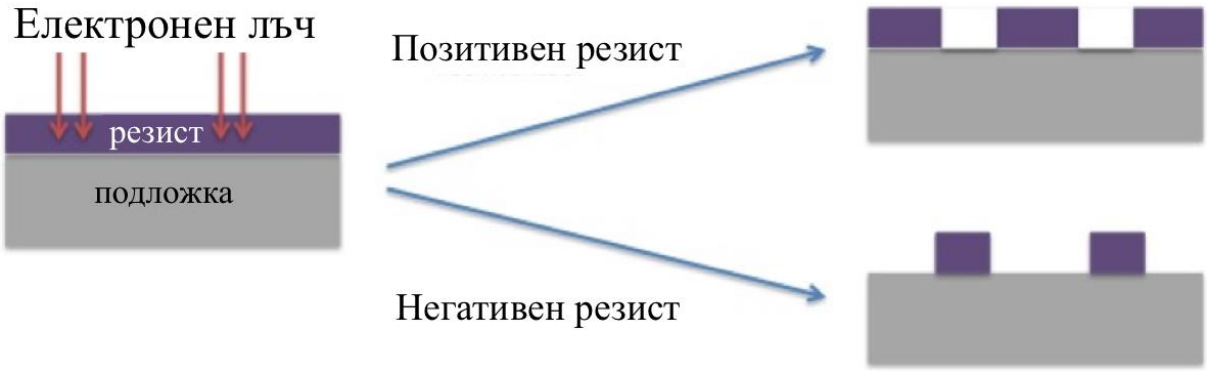
Нанохайку и нанохайга или как нанотехнологиите се срещат с изкуството

Йордан М. Георгиев, Недялка Панова, Анушка Гангнаик, Тандра Гошал, Антоанета Николова, Джъстин Д. Холмс

Нанотехнологии и хайку? Какво може да е общото между тях?

Нанотехнологията е сравнително нов интердисциплинарен клон на науката, чийто предмет най-общо може да се определи като контролиране, манипулиране и изследване на материята, при които поне един от размерите на създаваните или изследвани структури е под 100 нм (нм – нанометър – една милиардна част от метъра). Представката *нано-* е заимствана от гръцката дума *νᾶνος*, която означава "джудже". И наистина нанометърът е нещо много малко – в рамките на 1 нм се побират не повече от 3 атома разположени един до друг. Още едно сравнение –човешкият косъм е с дебелина около 100 мкм (микрометър), което е 100 000 нм, т.е. той е от 1000 до 100 000 пъти по-голям от структурите, които са обект на нанотехнологията. Тъй като нанотехнологията е много широка научна област и обхваща части от всички традиционно установени природни науки и високи технологии, много често думата се използва в множествено число – нанотехнологии.

Наноструктурирането е част от нанотехнологиите, която се занимава със създаване на структури и прибори с минимални размари под 100 нм, наричани наноструктури или наноприбори. В настоящото изследване използваме съчетание на два много актуални метода за наноструктуриране. Първият се нарича "*електронна литография*" (ЕЛ) и напоследък придобива изключително широка популярност в университети и изследователски лаборатории по целия свят. При този метод добре фокусиран електронен лъч с размери от един до няколко нанометра се използва буквално като много фин молив за рисуване на желаното изображение в електронно-чувствителен материал, наречен "*резист*". Резистът обикновено се нанася като тънък слой върху подложка от материала, подлежащ на структуриране (виж фигура 1).

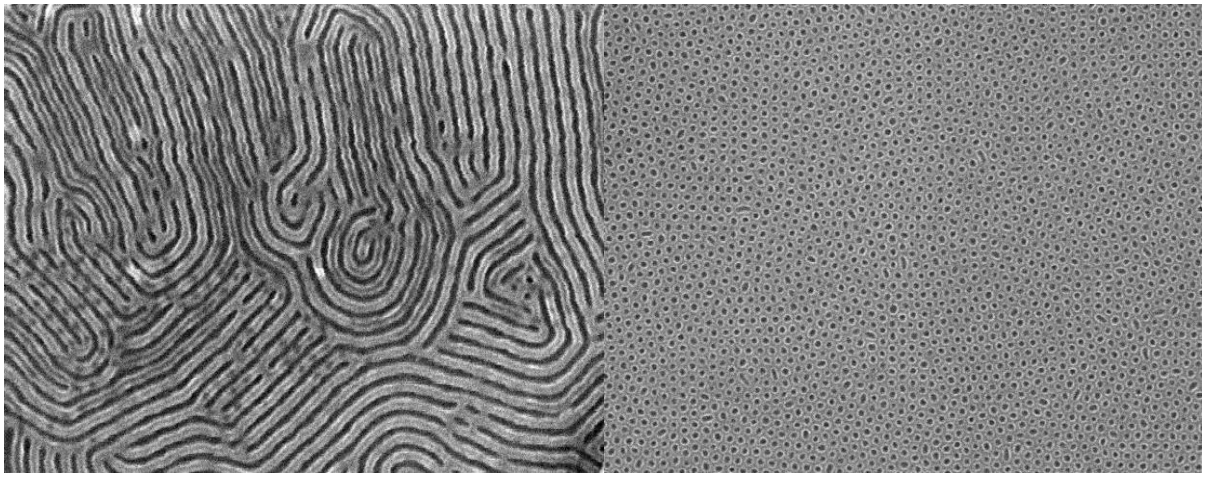


Фигура 1. Схематично представяне на процеса на електронна лотография.

В резултат на облъчването на резиста с електрони, неговите свойства се промеят локално. При последващото му "*проявяване*" в подходящ "*проявител*" се разтварят или облъчените места (позитивен резист) или необлъчените места (негативен резист). Така се създава маска (шаблон), през отворите на която впоследствие може локално да се обработва "активният" материал на подложката. Това става или чрез отнемане на части от този материал посредством "*ецване*" или чрез добавяне на друг материал.

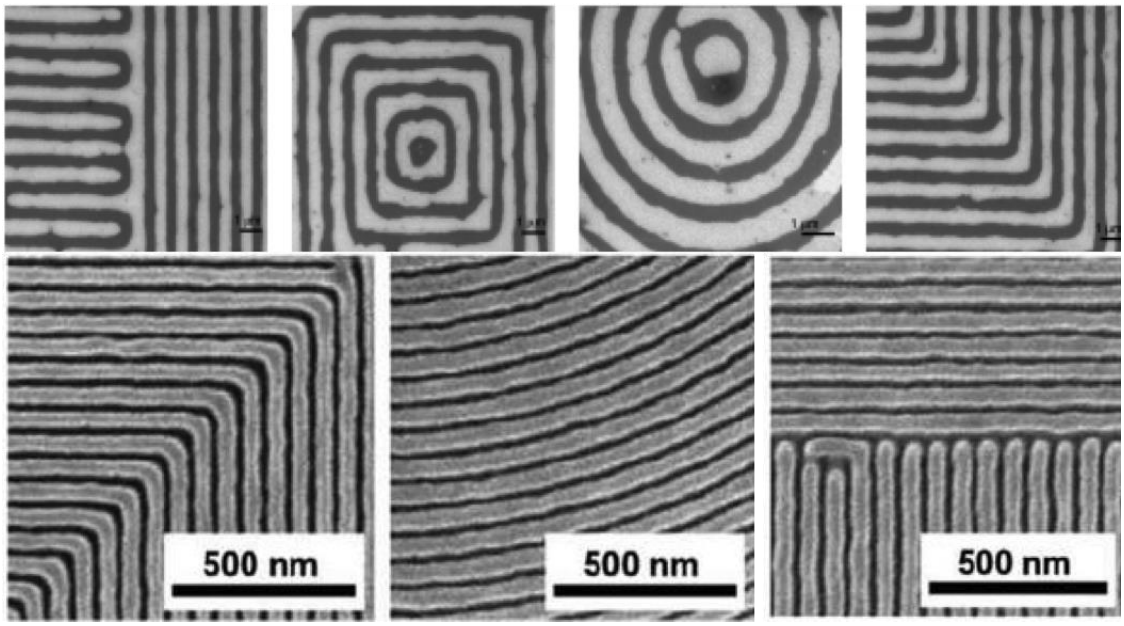
Електронната литография има изключително голяма разделителна способност (резолюция) – тя е способна да създава структури с размери само от няколко нанометра (10-15 атома!).

Вторият метод се нарича "*насочена самоорганизация*" (directed self assembly, DSA) на блок-съ-полимери (block co-polymers, BCP) – полимерен материал съставен от два различни съчетаващи се помежду си полимера (съ-полимери). Този процес сравнително отскоро се използва за нов вид литография с голяма разделителна способност и потенциално висока производителност, наречена DSA- или BCP- литография. При него вместо споменатия по-горе резист, върху подложката се нанася тънък слой от блок-съ-полимери. При определена обработка на този слой (обикновено термична), в него протичат процеси на самоорганизация и "*фазова сепарация*" при които двата съ-полимера се отделят един от друг. Впоследствие единият съ-полимер може да бъде премахнат с подходящ разтворител и по този начин се образува спонтанно изображение, което най-често наподобява пръстов отпечатък, а в някои случаи е във формата на вертикални цилиндри (фигура 2).



Фигура 2. Две спонтанни BCP изображения, снимани със сканиращ електронен микроскоп (CEM) – едното наподобяващо пръстов отпечатък, а другото във формата на вертикални цилиндри. Размерът на линиите и точките на двете снимки е около 20 нм.

Изображенията, показани на фигура 2, се получават, когато блок-съ-полимерите се нанасят върху подложка с гладка повърхност. Ако обаче върху повърхността на подложката съществуват някакви педварително създадени структури, блок-съ-полимерите изпитват тяхното смущаващо, ограничаващо или насочващо въздействие при процесите на самоорганизация и фазова сепарация и така формират изображения, които са повлияни от формата и размерите (геометрията) на намиращите се върху повърхността структури. Този процес на "*насочена самоорганизация*" напоследък се използва много интензивно за създаване на BCP-изображения с определена форма, които могат да имат широко технологично приложение (виж фигура 3).

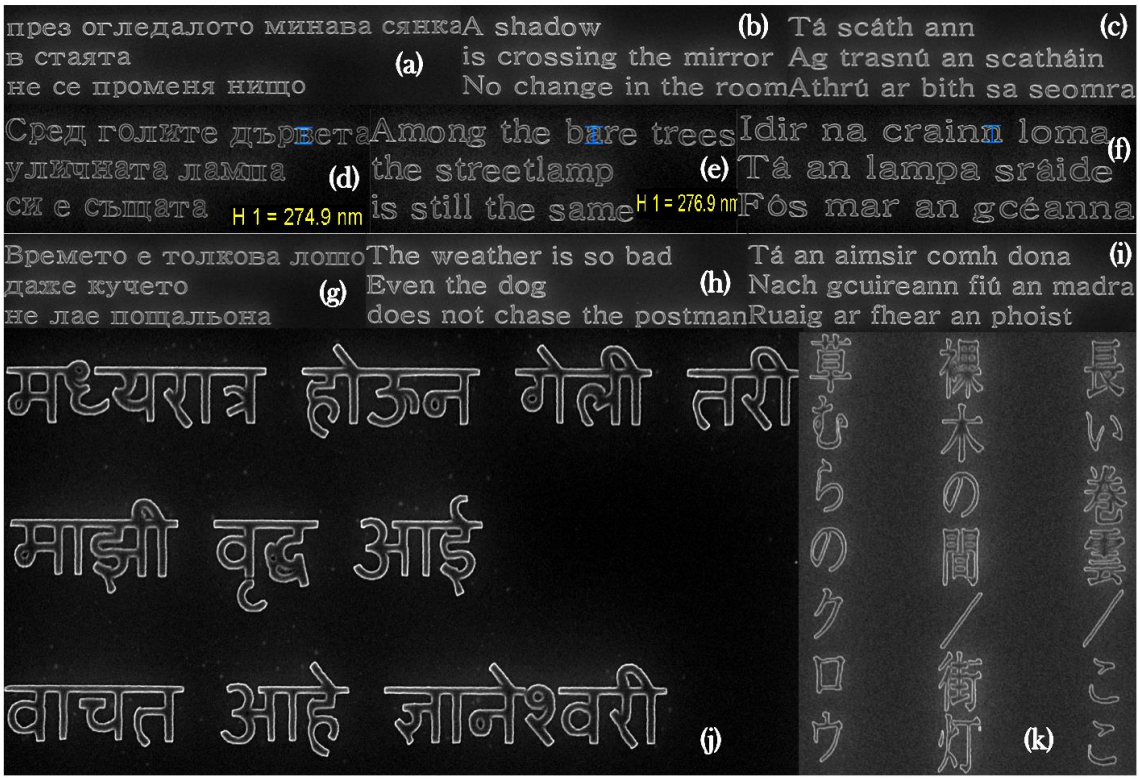


Фигура 3. Подборка от СЕМ снимки на подредени структури, създадени с помощта на насочена самоорганизация на блок-съ-полимери.

След краткото представяне на тези методи за наноструктуриране, у читателя навярно ще възникне уместният въпрос: “Какво е все пак общото между тях и хайку?” Бихме могли да отговорим по следния начин. Тъй като хайку е много кратка поетична форма, то може да се разглежда като един вид *нано-поезия*. Затова връзката между наноструктурирането и хайку ни се струва съвсем естествена и уместна и смятаме, че хайку би могло да бъде много атрактивен обект за демонстриране на впечатляващите възможности на най-съвременните методи за наноструктуриране.

Така в настоящото изследване с помощта на електронна литография и негативния електронен резист HSQ са създадени наноразмерни хайку поеми върху подложки от силиций (Si), основния материал в производството на микроелектронни чипове, които са навсякъде около нас. Използвани са хайку поеминаписани и преведени на шест езика с четири различни графични системи – английски, японски, български, ирландски, датски и марати (един от индийските езици, основен език в щата Махаращра със столица Мумбай).

На фигура 4 са показани примерни снимки на наноразмерни хайку поеми на някои от авторите на статията, направени със сканиращ електронен микроскоп (СЕМ). Размерът на целите букви на кирилица и латиница е в порядъка на 200-300 нм, а на маратските, китайските и японските символи е в диапазона 500-800 нм. Широчината на най-малките линии, които ги изписват обаче, е около 20 нм.



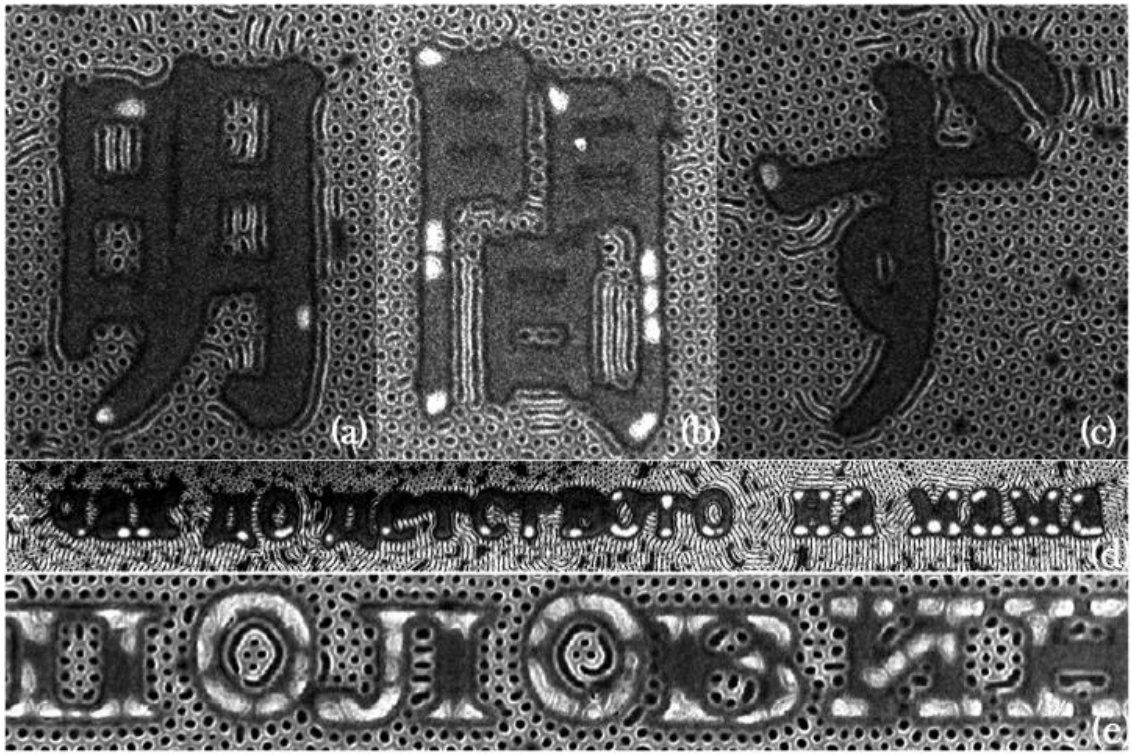
Фигура 4. СЕМ снимки на нано-версии на хайку поеми на Антоанета Николова (a-c), Йордан Георгиев (d-f) и Недялка Панова (g-i), които са написани на български (лява колона) и преведени на английски (средна колона) и ирландски (дясна колона). На (j) е показано хайку от индийската поетеса Шри Бал Ране написано на марати, а на (k) – първите фрази от три хайку поеми на Йордан Георгиев в превод на японски.

Фигура 4 демонстрира високото качество на изписване на нано-хайку поемите с помощта на ЕЛ. Независимо от голямата графична сложност на буквите и особено на символите на марати, китайски и японски, те са изписани правилно и са добре разграничени едни от други, което е трудно при показаните много малки размери.

Създадените с помощта на ЕЛ нано-хайку поеми бяха впоследствие използвани като насочващи структури в процеса на насочена самоорганизация на блок-съ-полимери. Главната идея на този експеримент е да се изследва “отклика” на блок-съ-полимерите на геометрията и смисъла на наноструктурните хайку, изписани на различни езици с много различна топография, като се очаква това да доведе до евентуалната поява на спонтанни “*нано-хайга*“ изображения около хайку поемите.

За тази цел върху вече структурираните Si подложки беше нанесен тънък слой от конкретен блок-съ-полимер – поли(стирен)-блок-поли(етилен оксид) (ПС-*б*-ПЕО), на английски – poly(styrene)-block-poly(ethylene oxide) (PS-*b*-PEO). След нанасянето му този слой беше термично обработен, за да се осъществи фазовата сепарация (разделянето) на двата съ-полимера. При последващото потапяне на подложките в етанол за продължително време, единият от блок-съ-полимерите (ПЕО) беше разтворен, за да се подобри визуалният контраст на получените изображения (виж например фигура 2). По този начин блок-съ-полимерът беше оставен да взаимодейства с предварително изписаните хайку поеми и да образува самоорганизирани наноструктури около тях. Накрая така обработените Si подложки бяха подробно разгледани със СЕМ, при което в действителност бяха наблюдавани интересни рисунаци около наноразмерните хайку.

Фигура 5 показва примерни СЕМ снимки на структури, образувани в резултат на взаимодействието на блок-съ-полимера с нановерсиите на различни хайку поеми. На снимките се вижда добре, че в или непосредствено около йероглифите и буквите блок-съ-полимерът оформя прави или закръглени хоризонтални линии, следващи контурите на символите, докато извън тях преимуществените структури са вертикални цилиндри.



Фигура 5. СЕМ снимки на примерни структури, образувани от използвания блок-съ-полимер в и около: (a-c) сложни единични китайски символи от хайку поеми на Йордан Георгиев, преведени на японски; (d-e) български букви и фрази от поеми на Антоанета Николова (d) и Недялка Панова (e).

Изследването на образуваните структури около нано-хайку поемите показват, че като цяло по-големите и графично по-сложните китайски, японски и марати символи оказват по-силно въздействие върху процеса на самоорганизация на блок-съ-полимера, отколкото по-малките и сравнително по-прости български и латински букви. Затова по-интересни и впечатляващи рисунъци се наблюдават именно в и около китайските, японски и марати символи.

За съжаление, цяла нано-хайку поема или фраза може да се снима със СЕМ само ако се използва режим с ниско увеличение на размера на изображението, при което детайлите на много малките структури, формирани от блок-съ-полимера не могат да бъдат различени. Затова не беше възможно да се заснеме и покаже пълноценна (цяла) нано-хайга. Въпреки това демонстрираните тук структури около отделни букви, думи или части от фрази показват, че блок-съ-полимерът наистина взаимодейства с наноразмерните хайку поеми и образува около тях необичайни рисунъци, които биха могли да бъдат интерпретирани като спонтанни нано-хайга, провокирани от топографията на самите хайку поеми.

Показаните тук резултати са първата демонстрация на нано-хайку и нано-хайга в света и бяха постигнати благодарение на творческото обединяване на изкуство с най-съвременни методи на нанотехнологиите.